Capítulo 13

Sistemas para Edificios

Los sistemas prefabricados que ofrece Productos de Concreto S.A. para la construcción de edificios de varios pisos han sido concebidos siguiendo los principios del estado del arte del diseño y construcción sismo-resistente.

La construcción prefabricada de edificios permite reducciones significativas del plazo de construcción, pues pueden estarse fabricando en planta elementos de varios pisos en forma simultánea, mientras se prepara el sitio para la construcción. Productos de Concreto S.A. suministra los planos de montaje de las edificaciones para cada caso particular, con identificación de todos los elementos de la obra e instrucciones de instalación y conexión.

Los sistemas prefabricados para edificios se basan en la prefabricación independiente y ensamble en sitio de componentes prefabricados tales como: fundaciones aisladas, pilotes, vigas de fundación, muros de retención, muros estructurales, columnas, vigas de entrepiso, entrepisos prefabricados, escaleras prefabricadas, paneles y fachadas no estructurales, vigas de techo, largueros y otros componentes según se requieran en el proyecto. Para detalles acerca de los sub-sistemas de pilotes, muros de retención, entrepisos y fachadas refiérase a los capítulos 5, 8, 9 y 10. Para detalles acerca de vigas de techo y largueros refiérase al capítulo 12.

Los elementos que conforman los sistemas para edificios tienen todas las ventajas que ofrece la prefabricación:

- Ahorro de formaleta en sitio
- Reducción de mano de obra en sitio
- Reducción del plazo constructivo así como de los costos financieros y administrativos asociados.
- Altos controles y estándares de calidad que además posibilitan el uso rutinario de concretos de alto desempeño tales como: concretos de alta resistencia (CAD) de hasta fc= 700 kg/cm^2 para la reducción de las secciones o incremento de la rigidez; concretos autocompactantes (CAC), para la mejora de los acabados, etc.
- Uso rutinario del concreto presforzado para la económica solución de problemas difíciles de resolver con concreto reforzado: vigas de grandes luces, grandes voladizos, reducción de secciones, control de agrietamiento y control de rigidez.

Las conexiones entre los componentes prefabricados pueden realizarse de acuerdo a los cuatro tipos de conexiones que establece el Código Sísmico de Costa Rica en su capítulo 12: Estructuras y Componentes Prefabricados de Concreto.

13.1 Materiales

Concreto: El concreto utilizado en la planta de Productos de Concreto tiene una resistencia mínima a la compresión a los 28 días de 280 kg/cm^2 para fundaciones reforzadas y de 350 kg/cm^2 para otros elementos reforzados. En el caso de los elementos pretensados (con excepción de la Losa Lex) la resistencia a los 28 días es de 700 kg/cm^2. En el caso de la Losa Lex la resistencia mínima a la compresión es de 420 kg/cm^2.

Cemento: El cemento está conforme a la especificación Reglamento Técnico de Cementos de Costa Rica RTCR 383:2004

Agregados: Los agregados están conforme a la especificación ASTM C-33.

Refuerzo: El acero de pre-esfuerzo está conforme a la especificación ASTM A-416 (Grado 270) y el acero de refuerzo de acuerdo a ASTM A-706 y ASTM A-615 y sus equivalentes en las normas nacionales INTECO.

13.2 Normativa vigente

- **Código Sísmico de Costa Rica 2002 (CSCR-2002):** establece las cargas vivas mínimas, los requisitos sísmicos de diseño de componentes prefabricados y edificaciones
- **Código de Cimentaciones de Costa Rica, Editorial Tecnológica de Costa Rica, 2da edición:** Establece los requisitos de diseño geotécnico de cimentaciones superficiales, cimentaciones profundas y muros de retención para su uso en edificios.
- **ACI 318-08 Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary:** Establece los requisitos mínimos para el diseño estructural de elementos de concreto reforzado y preesforzado sujetos a cargas de flexocompresión, torsión, tensión y cortante.

Productos de Concreto S.A.

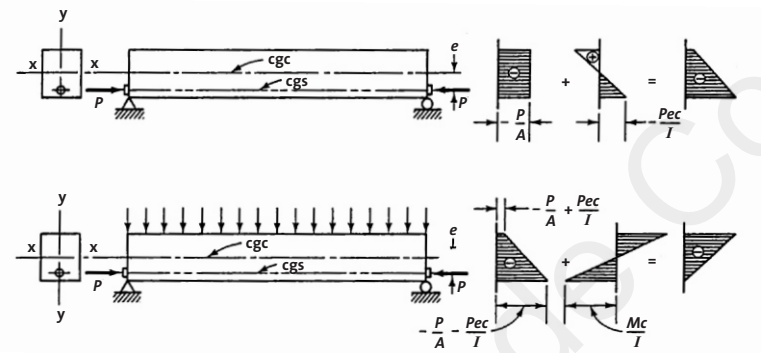
- Normas de la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (ASCE 37-02).
- Manual de Diseño del Instituto del Concreto Prefabricado (PCI Handbook)

13.3 Criterios para uso y especificación

Concreto reforzado y concreto presforzado

Los sistemas prefabricados para edificios frecuentemente hacen uso de la tecnología del presforzado para la solución de los problemas de ingeniería. Algunos componentes, como las vigas de entrepiso, los paneles de fachada y los entrepisos utilizan de rutina el acero presforzado, ya sea para el control de deflexiones, control de agrietamiento, reducción de las secciones y del peso, incremento de la rigidez o una combinación de los anteriores. Existen diversas filosofías para el diseño de elementos del concreto presforzado, pero la más usual consiste en garantizar que las secciones estén sin agrietamiento por flexión para las cargas de servicio (ACI 3018-08, Capítulo 18).

Fig. 13.1 Diseño sin agrietar de elementos preesforzados para cargas de servicios



Diseño sin agrietar de elementos preesforzados para cargas de servicio

Esto tiene importantes implicaciones en la economía de las soluciones y en los supuestos de los métodos de análisis estructural. Una primera consideración será que para el análisis estructural para cargas gravitacionales, será apropiado usar en vigas el momento de inercia de la sección sin agrietar (Ig). Para el análisis sísmico por los métodos estático o dinámico, puede usarse un momento de inercia de alrededor de 0.80 Ig, con el objeto de tomar en cuenta que existe agrietamiento localizado en las zonas de rótulas plásticas.

En relación a la rigidez, es importante mencionar que los concretos de los componentes preesforzados usualmente tendrán resistencias a los 28 días superiores a los concretos normales, en el orden de los 420 a 700 kg/cm^2. El módulo de elasticidad del concreto debe ser empleado en forma apropiada en el análisis estructural.

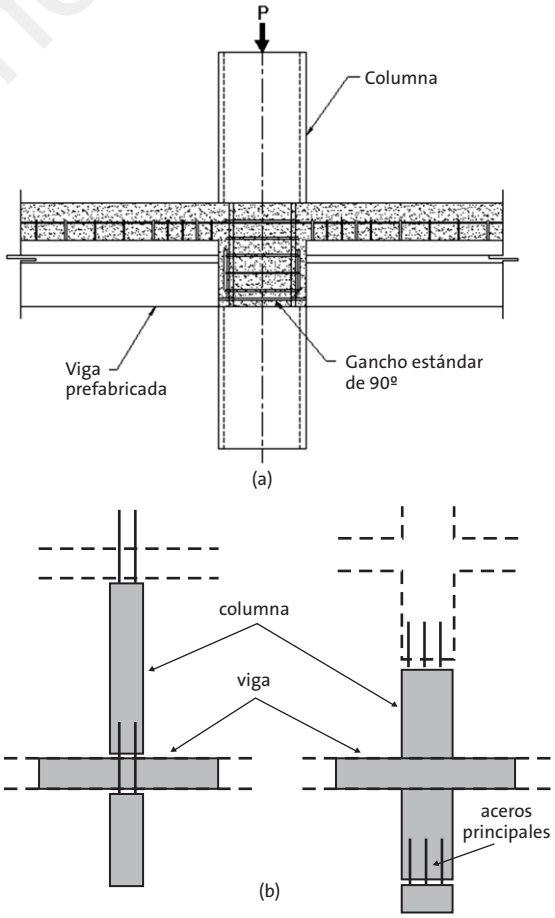
El uso del presfuerzo en los sistemas de edificios permitirá la solución económica de vigas de grandes luces y grandes voladizos que de otra forma presentarían grandes deflexiones si se resuelven con concreto reforzado convencional.

Integridad estructural y conexiones

En nuestro medio usualmente las conexiones entre componentes prefabricados se realizan mediante juntas húmedas que se detallan y realizan para lograr la continuidad mediante la colocación de concreto o mortero en sitio y barras de refuerzo. Estas conexiones pueden ser de cierre, completamiento en sitio o bien conexiones ciegas.

Las conexiones de completamiento más frecuentes son aquellas que se realizan en el nudo viga-columna, mediante el anclaje del acero longitudinal de las vigas en la zona del nudo y el colado en sitio del concreto del nudo. Las conexiones ciegas se prefieren para la unión de elementos verticales y usualmente consisten en el traslape del acero longitudinal haciendo uso de ductos previstos en las piezas prefabricadas que luego son llenados con mortero de alta resistencia y fluidez.

Fig. 13.2 Conexiones húmedas mediante refuerzo y concreto o mortero colado en sitio. a) conexión de completamiento en sitio b) conexión ciega.



Productos de Concreto S.A.

Ejemplo de conexión húmeda

Ambos tipos de conexiones pueden ser consideradas como conexiones de ductilidad local óptima o moderada según las definiciones del CSCR-2010. Productos de Concreto, S.A. ha demostrado a través de pruebas estructurales de nudos viga-columna realizados en el Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME) que las uniones viga-columna con base en elementos prefabricados detalladas adecuadamente pueden alcanzar ductilidades iguales o superiores a las estructuras coladas en sitio, con niveles de daño consistentemente menores.

La experiencia a nivel mundial respalda estos resultados. El diseñador puede emplear las ductilidades globales especificadas por el Código Sísmico de Costa Rica para edificios de concreto reforzado.

Los diafragmas compuestos por entrepisos prefabricados PC y sobrelosa colada en sitio pueden ser considerados como diafragmas rígidos. Como en todo diafragma, su resistencia debe ser verificada con los métodos establecidos en el Código Sísmico de Costa Rica o el capítulo 21 del ACI 318-08.

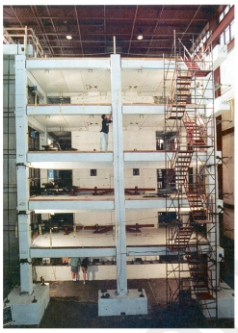
Uniones postensadas híbridas

El Código Sísmico de Costa Rica permite el uso de conexiones postensadas híbridas, las cuales han demostrado en pruebas experimentales nacionales e internacionales así como en sismos recientes un comportamiento mucho mejor que el del concreto monolítico o el concreto prefabricado con conexiones húmedas.

Las uniones postensadas híbridas se detallan para lograr la continuidad mediante refuerzo convencional con pequeñas zonas desadheridas, y cables de postensión desadheridos que permitan la adecuada disipación de energía y una concentración de deformaciones en la cara de contacto viga-columna (Sección 12.4 CSCR-2010).

Fig. 13.3 Pruebas estructurales realizadas en el LANAMME

Fig. 13.4 Pruebas estructurales de uniones postensadas híbridas del programa PRESS y de la UCSD



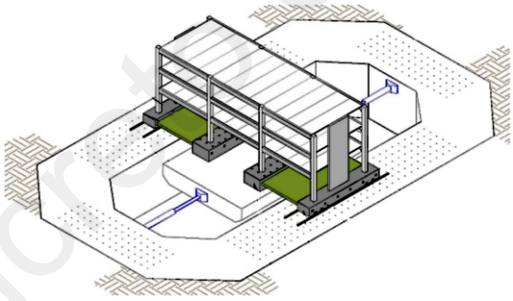
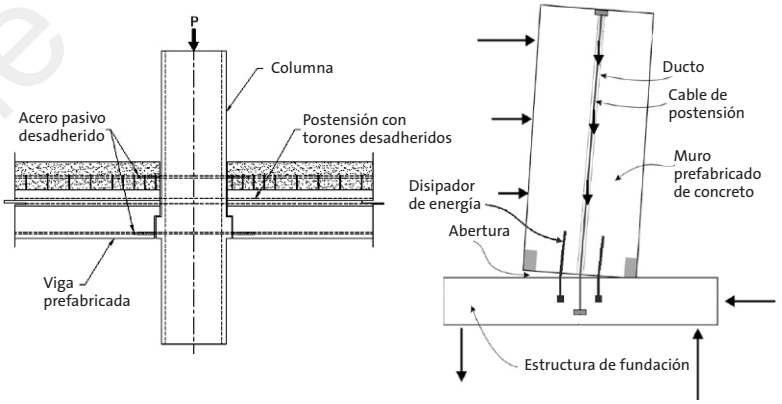


Fig. 13.5 Unión viga columna postensada híbrida y unión muro fundación postensada híbrida



Ejemplo de unión postensada híbrida (Edificio Clínica Bíblica)

Productos de Concreto S.A.

Esta conexión provoca tres efectos deseables:

a) La concentración de la disipación de energía en la unión viga-columna o muro-fundación.

b) La protección por capacidad de otros componentes menos dúctiles.

c) Un efecto autocentrante de las conexiones que minimiza los desplazamientos y deformaciones residuales tras el evento sísmico.

Además permite la construcción de columnas de varios pisos de altura, lo cual saca el colado de nudos de la ruta crítica del proceso constructivo. En resumen: rapidez constructiva, ductilidad y protección por capacidad sin daño significativo para el sismo de diseño

En uniones viga-columna, las columnas prefabricadas incluyen los nudos y ménsulas donde se soportan temporalmente las vigas. En los nudos se dejan previstos ductos para colocar en sitio las varillas de acero convencional y los cables de postensión. Las columnas se pueden fabricar de varios pisos de altura, como se muestra en la figura. Cuando sea necesario las columnas se dividen en varias partes, las cuales se conectan por ductos, barras de refuerzo e inyecciones de mortero fluido.

Columnas de varios niveles permiten trabajar simultáneamente en varios pisos (edificios Zona Franca América)

3.4 Ayudas de diseño para edificios de marcos

Los sistemas prefabricados para edificios que ofrece Productos de Concreto S.A. permiten la construcción de edificios de marcos con conexiones entre elementos que pueden ser húmedas, postensadas o híbridas; así como edificios de muros con conexiones secas, húmedas o postensionadas.

A continuación se presentan una serie de ayudas para el dimensionamiento preliminar de edificios prefabricados compuestos por marcos hiperestáticos en sus dos direcciones ortogonales con una planta reticular compuesta por vigas de carga en un sentido y vigas de amarre en el otro.

> ***Advertencia:*** *Las tablas siguientes constituyen ayudas de diseño para el dimensionamiento preliminar por carga gravitacional únicamente. Aunque usualmente este dimensionamiento cumple con la rigidez necesaria para controlar desplazamientos laterales en edificios regulares de entre 3 y 6 pisos de altura, no se da ninguna garantía de ello. Es responsabilidad del diseñador estructural la revisión de demandas ante carga laterales de viento y sismo, así como la verificación de los desplazamientos laterales permitidos. Entre sus opciones, el diseñador puede incorporar al sistema muros estructurales prefabricados o colados en sito en aquellos puntos donde lo juzgue apropiado.*

Guía general para el dimensionamiento de fundaciones y columnas

Las siguientes tablas permiten dimensionar preliminarmente placas de fundación y columnas de edificios reticulares en planta compuestos por marcos prefabricados hiperestáticos. Los datos de entrada de las tablas son:

- La sobrecarga de diseño (carga permanente adicional al peso estructural más carga temporal)
- La longitud neta de la viga
- La longitud tributaria de carga y el número de pisos.

Producto de Concreto

Tabla 13.1 Dimensiones de placas de fundación

Sobrecarga CP $_{adic}$ + CT kg/m^2	Luz tributaria m	Altura del entrepiso* cm	Número de pisos	Dimensiones de placas en metros — Luz de la viga de carga 6 m	8 m	10 m	11 m
Placas: habitacional, parqueos, oficinas							
400 [1]	6	15 + 6	2	2.1x2.1x0.35	2.5x2.5x0.40	2.8x2.8x0.40	3.0x3.0x0.45
			3	2.7x2.7x0.40	3.1x3.1x0.45	3.5x3.5x0.55	3.7x3.7x0.55
			4	3.2x3.2x0.50	3.6x3.6x0.55	4.0x4.0x0.55	4.2x4.2x0.60
			5	3.5x3.5x0.55	4.0x4.0x0.55	4.5x4.5x0.60	4.8x4.8x0.65
			6	3.9x3.9x0.55	4.4x4.4x0.60	5.0x5.0x0.65	5.3x5.3x0.70
	8	20 + 6	2	2.6x2.6x0.40	3.0x3.0x0.45	3.4x3.4x0.55	3.5x3.5x0.55
			3	3.2x3.2x0.50	3.7x3.7x0.50	4.1x4.1x0.55	4.3x4.3x0.60
			4	3.7x3.7x0.50	4.3x4.3x0.60	4.8x4.8x0.65	5.0x5.0x0.65
			5	4.2x4.2x0.60	4.8x4.8x0.65	5.4x5.4x0.70	5.6x5.6x0.75
			6	4.6x4.6x0.65	5.3x5.3x0.70		
	10	25 + 6	2	3.0x3.0x0.45	3.5x3.5x0.55	3.8x3.8x0.55	4.0x4.0x0.55
			3	3.7x3.7x0.50	4.3x4.3x0.60	4.6x4.6x0.65	4.9x4.9x0.65
			4	4.3x4.3x0.60	5.0x5.0x0.65	5.4x5.4x0.70	5.7x5.7x0.75
			5	4.9x4.9x0.65	5.6x5.6x0.75		
			6	5.4x5.4x0.70			
	11	25 + 6	2	3.2x3.2x0.50	3.6x3.6x0.50	3.9x3.9x0.55	4.1x4.1x0.55
			3	3.9x3.9x0.55	4.5x4.5x0.60	4.9x4.9x0.65	5.1x5.1x0.70
			4	4.5x4.5x0.60	5.2x5.2x0.70	5.7x5.7x0.75	
			5	5.1x5.1x0.70			
			6	5.6x5.6x0.75			
Placas: oficinas							
500 [1]	6	15 + 6	2	2.3x2.3x0.35	2.7x2.7x0.40	3.0x3.0x0.45	3.1x3.1x0.45
			3	2.8x2.8x0.45	3.3x3.3x0.50	3.7x3.7x0.50	3.9x3.9x0.55
			4	3.3x3.3x0.50	3.9x3.9x0.55	4.3x4.3x0.60	4.5x4.5x0.60
			5	3.8x3.8x0.50	4.3x4.3x0.60	4.8x4.8x0.65	5.1x5.1x0.65
			6	4.1x4.1x0.55	4.8x4.8x0.65	5.3x5.3x0.70	5.6x5.6x0.75
	8	20 + 6	2	2.7x2.7x0.40	3.2x3.2x0.50	3.6x3.6x0.55	3.7x3.7x0.50
			3	3.4x3.4x0.55	3.9x3.9x0.55	4.4x4.4x0.60	4.6x4.6x0.60
			4	4.0x4.0x0.55	4.5x4.5x0.60	5.1x5.1x0.70	5.3x5.3x0.70
			5	4.5x4.5x0.60	5.2x5.2x0.70	5.7x5.7x0.75	
			6	5.0x5.0x0.65	5.6x5.6x0.75		
	10	25 + 6	2	3.2x3.2x0.50	3.7x3.7x0.50	4.0x4.0x0.55	4.2x4.2x0.60
			3	3.9x3.9x0.55	4.5x4.5x0.60	5.0x5.0x0.65	5.2x5.2x0.70
			4	4.6x4.6x0.60	5.3x5.3x0.70		
			5	5.2x5.2x0.70			
			6	5.7x5.7x0.75			
	11	25 + 6	2	3.4x3.4x0.55	3.8x3.8x0.55	4.2x4.2x0.60	4.4x4.4x0.60
			3	4.1x4.1x0.55	4.7x4.7x0.65	5.2x5.2x0.70	5.4x5.4x0.70
			4	4.8x4.8x0.65	5.5x5.5x0.75		
			5	5.4x5.4x0.70			
			6				

** Altura del entrepiso sería peralte de la losa lex + espesor de la sobrelosa considerada*

***Nota:** Supuestos:*

- *CP$_{adic}$ de 200 kg/m^2 general y de 100 kg/m^2 para parqueos*
- *Se utiliza un factor de carga general de 1.40 para demanda última*
- *Se supone viga Te para el cálculo del peso de las vigas*
- *Se supone una altura piso a piso de 3.75 m y una longitud de 1 m entre contrapiso y parte superior de placa de fundación*
- *Se supone una capacidad del concreto de f'c = 280 kg/cm^2, en el caso de requerirse puede fabricarse con concreto de mayor resistencia*
- *Se supone una capacidad neta del terreno de 15 T/m^2 (Factor de seguridad de 3)*
- *Se revisan condiciones gravitacionales, el diseñador debe chequear condiciones sísmicas*
- *Lectura de tipologías:*

3.2 x 3.2 x 0.50

Espesor

Dimensión B

Dimensión L

Productos de Concreto S.A.

Tabla 13.1 Dimensiones de placas de fundación (continuación)

Placas: oficinas de alta densidad, centros comerciales mercancía ligera, bodegas, cines, templos, gimnasios, teatros

Sobrecarga CP_{adic} + CT kg/m²	Luz tributaria m	Altura del entrepiso* cm	Número de pisos	Dimensiones de placas en metros — Luz de la viga de carga 6 m	8 m	10 m	11 m
600 [1]	6	15 + 6	2	2.5x2.5x0.40	2.8x2.8x0.40	3.2x3.2x0.50	3.3x3.3x0.50
			3	3.0x3.0x0.45	3.5x3.5x0.55	3.9x3.9x0.55	4.1x4.1x0.55
			4	3.5x3.5x0.55	4.1x4.1x0.55	4.5x4.5x0.60	4.8x4.8x0.65
			5	4.0x4.0x0.55	4.6x4.6x0.60	5.1x5.1x0.70	5.4x5.4x0.70
			6	4.3x4.3x0.60	5.1x5.1x0.65	5.6x5.6x0.75	
	8	20 + 6	2	2.9x2.9x0.45	3.3x3.3x0.50	3.7x3.7x0.50	3.9x3.9x0.55
			3	3.6x3.6x0.55	4.1x4.1x0.55	4.6x4.6x0.65	4.7x4.7x0.65
			4	4.2x4.2x0.60	4.8x4.8x0.65	5.4x5.4x0.70	5.x5.5x0.75
			5	4.7x4.7x0.65	5.4x5.4x0.70		
			6	5.2x5.2x0.70			
	10	25 + 6	2	3.4x3.4x0.55	3.8x3.8x0.55	4.2x4.2x0.60	4.4x4.4x0.60
			3	4.1x4.1x0.55	4.7x4.7x0.65	5.2x5.2x0.70	5.5x5.5x0.75
			4	4.8x4.8x0.65	5.5x5.5x0.75		
			5	6.0x6.0x0.80			
			6				
	11	25 + 6	2	3.5x3.5x0.55	4.0x4.0x0.55	4.4x4.4x0.60	4.6x4.6x0.65
			3	4.3x4.3x0.60	5.0x5.0x0.55	5.5x5.5x0.75	5.7x5.7x0.75
			4	5.1x5.1x0.65			
			5				
			6				

Placas: centros comerciales, mercancías con peso intermedio, bibliotecas, estadios, archivos

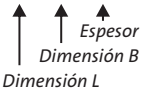
Sobrecarga CP_{adic} + CT kg/m²	Luz tributaria m	Altura del entrepiso* cm	Número de pisos	Dimensiones de placas en metros — Luz de la viga de carga 6 m	8 m	10 m	11 m
700 [1]	6	15 + 6	2	2.6x2.6x0.40	3.0x3.0x0.45	3.3x3.3x0.50	3.5x3.5x0.55
			3	3.2x3.2x0.50	3.7x3.7x0.50	4.1x4.1x0.55	4.3x4.3x0.60
			4	3.7x3.7x0.50	4.2x4.2x0.60	4.7x4.7x0.65	5.0x5.0x0.65
			5	4.2x4.2x0.55	4.8x4.8x0.65	5.3x5.3x0.70	5.6x5.6x0.75
			6	4.6x4.6x0.60	5.3x5.3x0.70		
	8	20 + 6	2	3.0x3.0x0.45	3.5x3.5x0.55	3.9x3.9x0.55	4.0x4.0x0.55
			3	3.8x3.8x0.50	4.3x4.3x0.60	4.8x4.8x0.65	5.0x5.0x0.65
			4	4.3x4.3x0.60	5.1x5.1x0.65	5.6x5.6x0.75	
			5	5.0x5.0x0.65	5.7x5.7x0.75		
			6	5.4x5.4x0.70			
	10	25 + 6	2	3.5x3.5x0.55	4.0x4.0x0.55	4.4x4.4x0.60	4.6x4.6x0.65
			3	4.3x4.3x0.60	5.0x5.0x0.65	5.5x5.5x0.75	5.7x5.7x0.75
			4	5.1x5.1x0.65	5.8x5.8x0.75		
			5	5.7x5.7x0.75			
			6				
	11	25 + 6	2				
			3				
			4				
			5				
			6				

** Altura del entrepiso sería peralte de la losa lex + espesor de la sobrelosa considerada*

***Nota:** Supuestos:*

- *CP_{adic} de 200 kg/m² general y de 100 kg/m² para parqueos*
- *Se utiliza un factor de carga general de 1.40 para demanda última*
- *Se supone viga Te para el cálculo del peso de las vigas*
- *Se supone una altura piso a piso de 3.75 m y una longitud de 1 m entre contrapiso y parte superior de placa de fundación*
- *Se supone una capacidad del concreto de f'c = 280 kg/cm² , en el caso de requerirse puede fabricarse con concreto de mayor resistencia*
- *Se supone una capacidad neta del terreno de 15 T/m² (Factor de seguridad de 3)*
- *Se revisan condiciones gravitacionales, el diseñador debe chequear condiciones sísmicas*
- *Lectura de tipologías:*

3.2 x 3.2 x 0.50



Dimensión L

Productos de Concreto S.A.

Las placas de fundación, con tamaños iguales o menores a 2.70 x 2.70 m, pueden ser prefabricadas.

La conexión entre las placas y las columnas prefabricadas se realiza mediante dovelas inyectadas en ductos previstos en las columnas. Es posible prever conexiones para vigas de fundación que pueden ser prefabricadas también.

En el caso de las columnas se presentan dos ayudas de diseño: las tablas para la selección de la sección de la columna y el porcentaje de acero longitudinal, con base en los claros de vigas y la carga, y los diagramas de interacción desarrollados para diversos porcentajes de acero longitudinal.

En todos los casos se emplean columnas de sección cuadrada o rectangular con refuerzo longitudinal y transversal según requisitos del CSCR-2010.

Fig. 13.6 Detalles típicos de conexión placa - columna

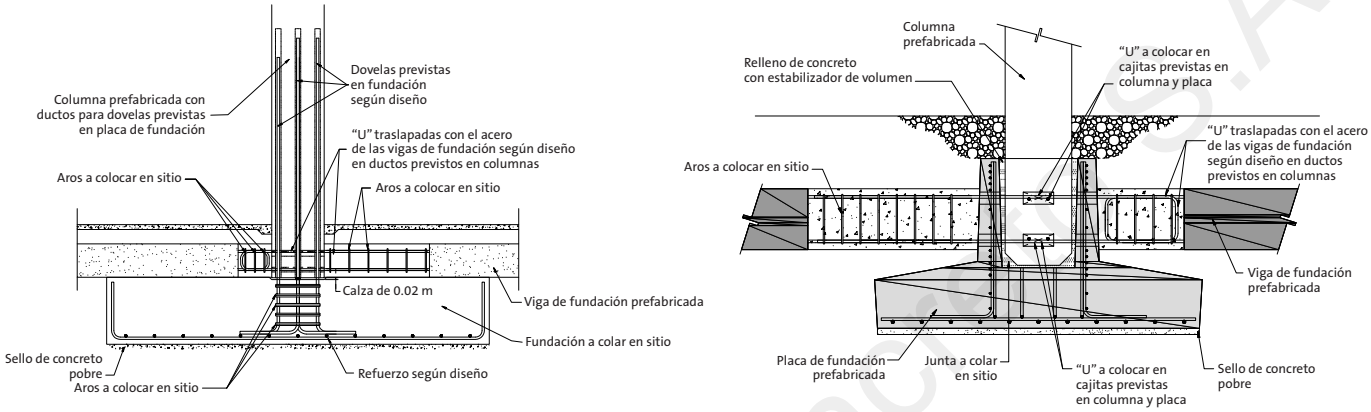

Columna prefabricada con ductos para dovelas previstas en placa de fundación
Dovelas previstas en fundación según diseño
"U" traslapadas con el acero de las vigas de fundación según diseño en ductos previstos en columnas
Aros a colocar en sitio
Aros a colocar en sitio
Calza de 0.02 m
Viga de fundación prefabricada
Fundación a colar en sitio
Sello de concreto pobre
Aros a colocar en sitio
Refuerzo según diseño
Columna prefabricada
Relleno de concreto con estabilizador de volumen
"U" a colocar en cajitas previstas en columna y placa
Aros a colocar en sitio
"U" traslapadas con el acero de las vigas de fundación según diseño en ductos previstos en columnas
Viga de fundación prefabricada
Placa de fundación prefabricada
Junta a colar en sitio
"U" a colocar en cajitas previstas en columna y placa
Sello de concreto pobre

Tabla 13.2 Dimensiones de columnas

Columnas: habitacional, parqueos, oficinas

Sobrecarga CP $_{adic}$ + CT kg/m^2	Luz tributaria m	Altura del entrepiso* cm	Número de pisos	Tipología de columna — Luz de la viga de carga 6 m	8 m	10 m	11 m
400	6	15 + 6	2	C 40-40/1	C 40-40/1	C 40-40/1	C 40-40/1
			3	C 40-40/1	C 40-40/1.5	C 40-55/1	C 55-55/1
			4	C 40-55/1	C 40-55/1.5	C 55-55/1	C 55-55/1
			5	C 40-55/1	C 55-55/1	C 60-60/1	C 60-60/1.5
			6	C 55-55/1	C 60-60/1	C 70-70/1	C 70-70/1
	8	20 + 6	2	C 40-40/1	C 40-40/1	C 40-55/1	C 40-55/1
			3	C 40-55/1	C 55-55/1	C 55-55/1	C 55-55/1.5
			4	C 55-55/1	C 55-55/1.5	C 60-60/2	C 70-70/1
			5	C 55-55/1	C 60-60/2	C 70-70/1	C 70-70/2
			6	C 60-60/1	C 70-70/1		
	10	25 + 6	2	C 40-40/1	C 40-55/1	C 55-55/1	C 55-55/1
			3	C 55-55/1	C 55-55/1	C 60-60/1	C 70-70/1
			4	C 55-55/1.5	C 70-70/1	C 70-70/1	C 70-70/2
			5	C 70-70/1	C 70-70/1.5		
			6	C 70-70/1			
	11	25 + 6	2	C 40-55/1	C 55-55/1	C 55-55/1	C 55-55/1
			3	C 55-55/1	C 60-60/1	C 70-70/1	C 70-70/1
			4	C 60-60/1	C 70-70/1	C 70-70/2	
			5	C 70-70/1			
			6	C 70-70/2			

** Altura del entrepiso sería peralte de la losa lex + espesor de la sobrelosa considerada*

***Nota:** Supuestos:*

- *CP_{adic} de 200 kg/m^2 general y de 100 kg/m^2 para parqueos*
- *Se utiliza un factor de carga general de 1.40 para demanda última*
- *Se supone viga Te para el cálculo del peso de las vigas*
- *Se supone una altura piso a piso de 3.75 m y una longitud de 1 m entre contrapiso y parte superior de placa de fundación*
- *Se supone una capacidad del concreto de f'c = 350 kg/cm^2 , en el caso de requerirse puede fabricarse con concreto de mayor resistencia*
- *Se revisan condiciones gravitacionales, el diseñador debe chequear condiciones sísmicas*
- *Lectura de tipologías:*

C 55-55/2

% de acero longitudinal

55 x 55 cm

Columna

Productos de Concreto S.A.

Tabla 13.2 Dimensiones de columnas (continuación)

Columnas: oficinas

Sobrecarga CP adic + CT kg/m²	Luz tributaria m	Altura del entrepiso* cm	Número de pisos	Tipología de columna — Luz de la viga de carga 6 m	8 m	10 m	11 m
500	6	15 + 6	2	C 40-40/1	C 40-40/1	C 40-40/1	C 40-55/1
			3	C 40-40/1	C 40-55/1	C 55-55/1	C 55-55/1
			4	C 40-55/1	C 55-55/1	C 55-55/1	C 60-60/1
			5	C 55-55/1	C 55-55/1	C 60-60/2	C 70-70/1
			6	C 55-55/1	C 60-60/1.5	C 70-70/1	C 70-70/1.5
	8	20 + 6	2	C 40-40/1	C 40-55/1	C 40-55/1	C 55-55/1
			3	C 40-55/1	C 55-55/1	C 55-55/2	C 60-60/1
			4	C 55-55/1	C 60-60/1	C 70-70/1	C 70-70/1
			5	C 60-60/1	C 70-70/1	C 70-70/2	
			6	C 70-70/1	C 70-70/1.5		
	10	25 + 6	2	C 40-55/1	C 55-55/1	C 55-55/1	C 55-55/1
			3	C 55-55/1	C 60-60/1	C 70-70/1	C 70-70/1
			4	C 60-60/1	C 70-70/1		
			5	C 70-70/1			
			6	C 70-70/2			
	11	25 + 6	2	C 40-55/1	C 55-55/1	C 55-55/1	C 55-55/2
			3	C 55-55/1	C 60-60/1.5	C 70-70/1	C 70-70/1
			4	C 60-60/1.5	C 70-70/1		
			5	C 70-70/1			
			6				

Columnas: oficinas de alta densidad, centros comerciales, mercancía ligera, bodegas, cines, templos, gimnasios, teatros

Sobrecarga CP adic + CT kg/m²	Luz tributaria m	Altura del entrepiso* cm	Número de pisos	Tipología de columna — Luz de la viga de carga 6 m	8 m	10 m	11 m
600	6	15 + 6	2	C 40-40/1	C 40-40/1	C 40-55/1	C 40-55/1
			3	C 40-40/1	C 40-55/1	C 55-55/1	C 55-55/1
			4	C 40-55/1	C 55-55/1	C 60-60/1	C 60-60/1.5
			5	C 55-55/1	C 60-60/1	C 70-70/1	C 70-70/1
			6	C 55-55/1.5	C 70-70/1	C 70-70/1.5	
	8	20 + 6	2	C 40-40/1	C 40-55/1	C 55-55/1	C 55-55/1
			3	C 40-55/1	C 55-55/1	C 60-60/1	C 60-60/1
			4	C 55-55/1	C 60-60/1.5	C 70-70/1	C 70-70/1
			5	C 60-60/1	C 70-70/1		
			6	C 70-70/1			
	10	25 + 6	2	C 40-55/1	C 55-55/1	C 55-55/1	C 55-55/2
			3	C 55-55/1	C 60-60/1	C 70-70/1	C 70-70/1
			4	C 60-60/1.5	C 70-70/1		
			5	C 70-70/1			
			6				
	11	25 + 6	2	C 40-55/1	C 55-55/1	C 55-55/2	C 60-60/1
			3	C 55-55/1	C 70-70/1	C 70-70/1	C 70-70/2
			4	C 70-70/1			
			5				
			6				

** Altura del entrepiso sería peralte de la losa lex + espesor de la sobrelosa considerada*

***Nota:** Supuestos:*

- *CP_{adic} de 200 kg/m² general y de 100 kg/m² para parqueos*
- *Se utiliza un factor de carga general de 1.40 para demanda última*
- *Se supone viga Te para el cálculo del peso de las vigas*
- *Se supone una altura piso a piso de 3.75 m y una longitud de 1 m entre contrapiso y parte superior de placa de fundación*
- *Se supone una capacidad del concreto de f'c = 350 kg/cm², en el caso de requerirse puede fabricarse con concreto de mayor resistencia*
- *Se revisan condiciones gravitacionales, el diseñador debe chequear condiciones sísmicas*
- *Lectura de tipologías:*

C 55-55/2

% de acero longitudinal

55 x 55 cm

Columna

Productos de Concreto S.A.

Tabla 13.2 Dimensiones de columnas (continuación)

Columnas: centros comerciales, mercancías con peso intermedio, bibliotecas, estadios, archivos

Sobrecarga CP $_{adic}$ + CT kg/m^2	Luz tributaria m	Altura del entrepiso* cm	Número de pisos	Tipología de columna Luz de la viga de carga 6 m	8 m	10 m	11 m
700	6	15 + 6	2	C 40-40/1	C 40-40/1	C 40-55/1	C 40-55/1
			3	C 40-55/1	C 55-55/1	C 55-55/1	C 55-55/1
			4	C 55-55/1	C 55-55/1	C 60-60/1	C 70-70/1
			5	C 55-55/1	C 60-60/1.5	C 70-70/1	C 70-70/1.5
			6	C 60-60/1	C 70-70/1		
	8	20 + 6	2	C 40-40/1	C 40-55/1	C 55-55/1	C 55-55/1
			3	C 55-55/1	C 55-55/1	C 60-60/1.5	C 70-70/1
			4	C 55-55/1.5	C 70-70/1	C 70-70/1.5	
			5	C 70-70/1	C 70-70/1.5		
			6	C 70-70/1			
	10	25 + 6	2	C 40-55/1	C 55-55/1	C 55-55/2	C 60-60/1
			3	C 55-55/1	C 70-70/1	C 70-70/1	C 70-70/2
			4	C 70-70/1	C 70-70/2		
			5	C 70-70/1.5			
			6				

** Altura del entrepiso sería peralte de la losa lex + espesor de la sobrelosa considerada*

***Nota:** Supuestos:*

- *CP_{adic} de 200 kg/m^2 general y de 100 kg/m^2 para parqueos*
- *Se utiliza un factor de carga general de 1.40 para demanda última*
- *Se supone viga Te para el cálculo del peso de las vigas*
- *Se supone una altura piso a piso de 3.75 m y una longitud de 1 m entre contrapiso y parte superior de placa de fundación*
- *Se supone una capacidad del concreto de f'c = 350 kg/cm^2, en el caso de requerirse puede fabricarse con concreto de mayor resistencia*
- *Se revisan condiciones gravitacionales, el diseñador debe chequear condiciones sísmicas*
- *Lectura de tipologías:*

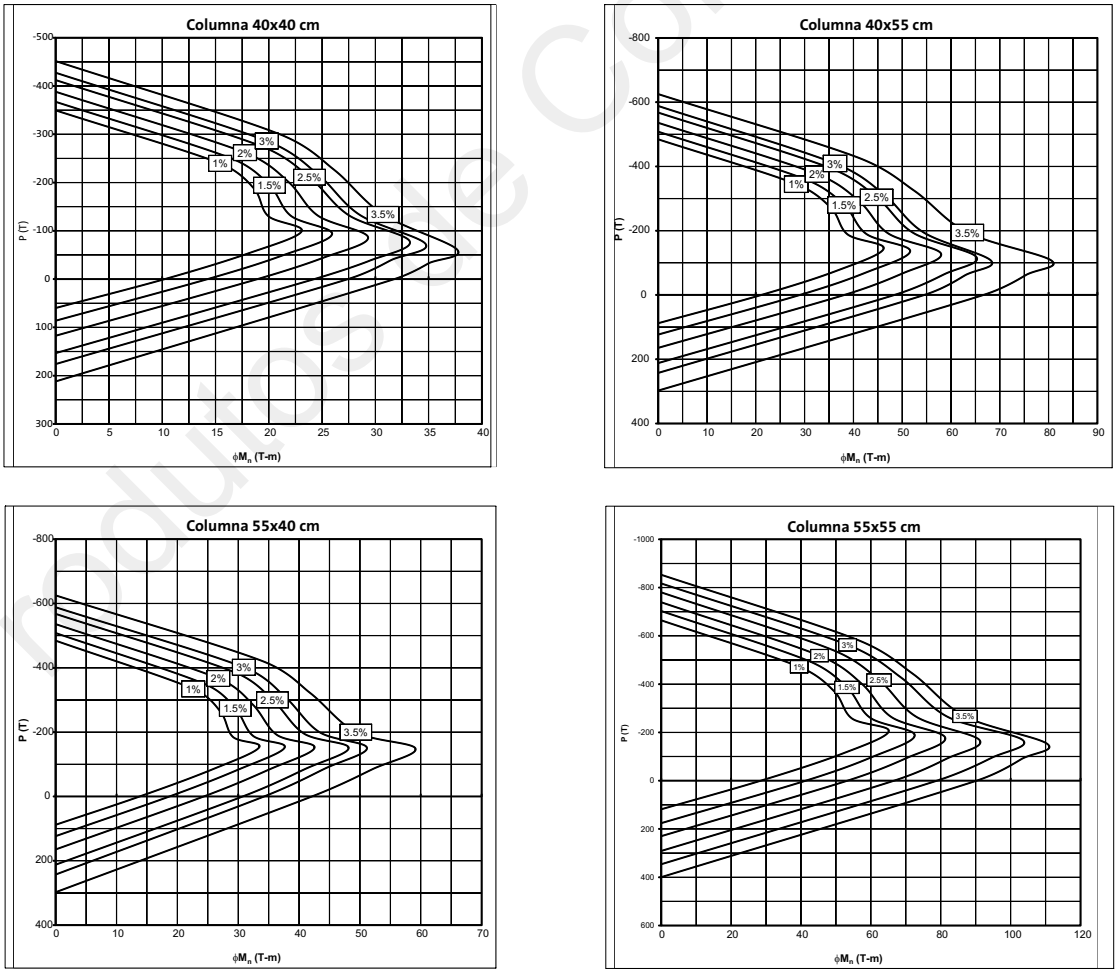
C 55-55/2

% de acero longitudinal

55 x 55 cm

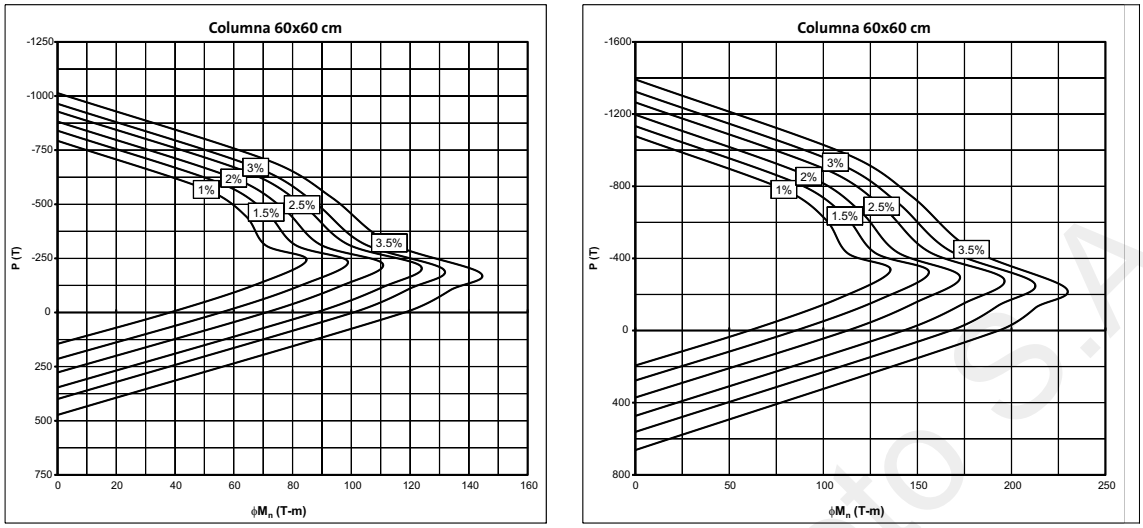
Columna

Fig. 13.7 Diagramas de interacción de columnas



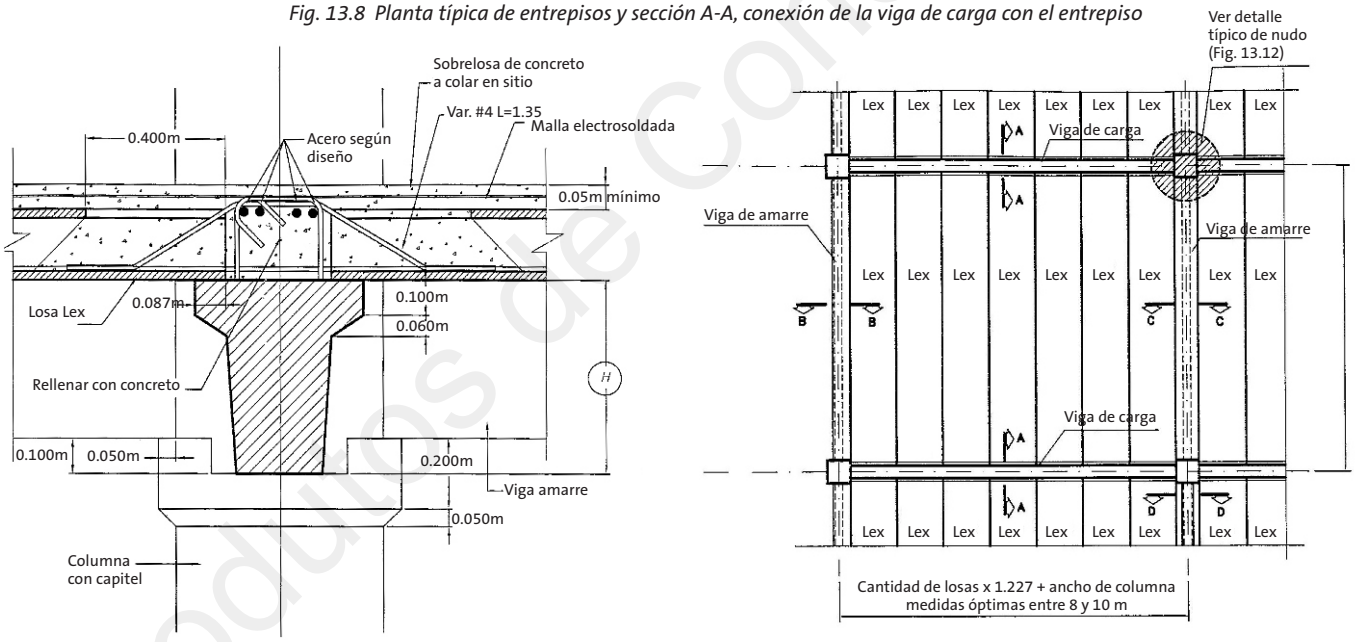
Productos de Concreto S.A.

Fig. 13.7 Diagramas de interacción de columnas (continuación)



Guía general para el dimensionamiento de vigas y selección de entrepisos

Fig. 13.8 Planta típica de entrepisos y sección A-A, conexión de la viga de carga con el entrepiso



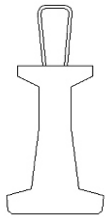
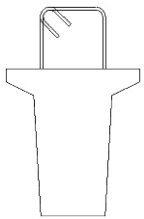
Los datos de entrada de las tablas de dimensionamiento de vigas son: la sobrecarga de diseño (carga permanente adicional al peso estructural más carga temporal), la longitud neta de la viga y la longitud tributaria de carga. Con base en dicha información pueden seleccionarse vigas prefabricadas de sección Te (VT) ó sección Torre (VTo) apropiadas para tomar las cargas. A continuación se presenta una tabla con la geometría y descripción de las propiedades geométricas de cada tipo de viga.

Es importante tener en consideración que las condiciones de apuntalamiento temporal durante el proceso constructivo tienen implicaciones sobre el desempeño estructural de las vigas. Por esto en las tablas de dimensionamiento y selección se muestran opciones de diseños de vigas para diversos casos de apuntalamiento de los entrepisos de Losa Lex, a saber: a) sin apuntalamiento temporal y b) con apuntalamiento de la losa Lex para el colado de la sobrelosa.

Para las vigas de carga, utilizar las tipologías descritas en las tablas de diseño, con referencia a la tabla de propiedades geométricas.

Productos de Concreto S.A.

Tabla 13.3 Selección de vigas de carga

Vigas de entrepiso	Sobrecarga CP_{adic} + CT kg/m²	Luz tributaria m	Altura del entrepiso cm	Tipología de pastilla sin apuntalamiento – Luz de la viga 6 m	8 m	10 m	11 m	Tipología de pastilla apuntalada para la sobrelosa – Luz de la viga 6 m	8 m	10 m	11 m	Tipología de pastilla apuntalada para la losa lex – Luz de la viga 6 m	8 m	10 m	11 m
Viga Torre (VTo) 	400 [1]	6	15 + 6	2	4	6	8	2	3	6	6	1	1	2	3
		8	20 + 6	3	6	10	12	3	5	8	10	1	2	3	4
		10	25 + 6	5	10			4	8	12		1	2	4	6
		11	25 + 6	6	10			4	8			1	2	4	6
	500 [2]	6	15 + 6	2	4	6	8	2	4	6	8	1	1	3	4
		8	20 + 6	4	6	10	12	3	6	10	12	1	2	4	4
		10	25 + 6	5	10			4	8			1	2	4	6
		11	25 + 6	6	10			4	9			1	3	5	6
	600 [3]	6	15 + 6	2	4	6	8	2	4	6	8	1	1	3	4
		8	20 + 6	4	6	10		3	6	10	12	1	2	4	5
		10	25 + 6	5	10			4	8			1	3	5	6
		11	25 + 6	6	10			4	10			1	3	6	6
	700 [4]	6	15 + 6	3	4	8	9	2	4	6	8	1	2	3	4
		8	20 + 6	4	6	10		3	6	10	12	1	3	4	6
		10	25 + 6	6	10			4	8			1	3	6	6
		11													
Viga Te (VT) 	400 [1]	6	15 + 6	3	5	9	11	2	4	7	9	1	1	3	4
		8	20 + 6	5	9	13		4	7	12	13	1	2	4	5
		10	25 + 6	7	12			5	11			1	3	5	7
		11	25 + 6	7	13			7	11			1	3	5	7
	500 [2]	6	15 + 6	3	7	9	11	2	5	7	10	1	1	4	5
		8	20 + 6	5	9	13		4	7	12	13	1	2	5	7
		10	25 + 6	7	12			5	11			1	3	7	7
		11	25 + 6	7	13			7	12			1	3	7	9
	600 [3]	6	15 + 6	3	7	9	12	2	5	8	11	1	2	4	5
		8	20 + 6	5	9	13		4	7	12		1	3	5	7
		10	25 + 6	7	12			5	11			1	3	7	9
		11	25 + 6	7	13			7	12			1	4	7	9
	700 [4]	6	15 + 6	3	7	10	12	2	5	9	11	1	2	4	7
		8	20 + 6	5	9	13		4	7	12		1	3	7	7
		10	25 + 6	7	13			7	11			1	4	7	9
		11													

Estructuras de referencia para cada tipo de carga:

[1] *Habitacional, parqueos, azoteas*

[2] *Oficinas*

[3] *Oficinas de alta densidad, centros comerciales mercancía ligera, bodegas, cines, templos, gimnasios, teatros*

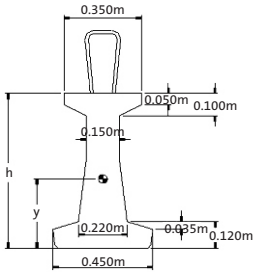
[4] *Centros comerciales mercancías con peso intermedio, bibliotecas, estadios, archivos*

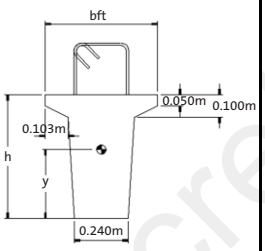
***Nota**: Supuestos: CPadic de 200 kg/m² general y de 100 kg/m² para parqueos. Se utiliza un factor de carga general de 1.40 para demanda última. Se utiliza un factor de continuidad de -0.65 (razón entre el momento de continuidad en extremos y el momento máximo simplemente apoyado). Se supone el concreto de completamiento de f'c = 280 kg/cm2. La capacidad de momento positivo es al centro de la luz y se calcula*

Productos de Concreto S.A

Tabla 13.4 Vigas de entrepiso: propiedades geométricas de la tipología de vigas

	Tipología	h cm	Área cm^2	y cm	Inercia cm^4	b_{ft} cm	f M_n^+ T-m
1	VTo 40-2A/2C	40	860.27	21.55	133745	35.0	25.5
2	VTo 40-2A/4B	40	860.27	21.55	133745	35.0	34.1
3	VTo 50-2A/3C	50	1308.50	22.51	342839	35.0	42.6
4	VTo 50-2B/5C	50	1308.50	22.51	342839	35.0	59.8
5	VTo 60-2A/4C	60	1458.50	26.88	560333	35.0	62.7
6	VTo 60-2B/6C	60	1458.50	26.88	560333	35.0	77.8
7	VTo 70-2A/4C	70	1608.50	31.37	849808	35.0	72.0
8	VTo 70-2B/6C	70	1608.50	31.37	849808	35.0	97.2
9	VTo 80-2B/5C	80	1758.50	35.95	1219007	35.0	97.3
10	VTo 80-2C/7C	80	1758.50	35.95	1219007	35.0	119.9
11	VTo 90-2B/5C	90	1908.50	40.59	1675594	35.0	108.9
12	VTo 90-2C/7C	90	1905.50	40.59	1675594	35.0	141.1
1	VT 30-2A/3B	30	920.72	17.07	73079	46.9	22.6
2	VT 40-2A/3B	40	1201.17	22.51	172136	48.1	27.7
3	VT 40-2B/3C	40	1201.17	22.51	172136	48.1	37.1
4	VT 50-2A/3C	50	1493.17	27.91	334472	49.2	44.3
5	VT 50-2B/4C	50	1493.17	27.91	334472	49.2	56.4
6	VT 60-2B/3C	60	1796.72	33.32	576707	50.4	51.5
7	VT 60-2C/5C	60	1796.72	33.32	576707	50.4	79.3
8	VT 70-2B/4C	70	2111.83	38.75	916448	51.5	75.7
9	VT 70-2C/5C	70	2111.83	38.75	916448	51.5	91.4
10	VT 80-2B/4C	80	2438.50	44.22	1372280	52.7	85.4
11	VT 80-2C/5C	80	2438.50	44.22	1372280	52.7	103.6
12	VT 90-2C/5C	90	2776.72	49.73	1963748	53.8	115.8
13	VT 90-2C/6C	90	2776.72	49.73	1963748	53.8	135.3





Nota: Lectura de las tipologías:

VT 50-2B/4C ← Torones inferiores:
A (torón de f = 3/8"),
B (torón de f = 1/2"),
C (torón de f = 0.6")

Torones superiores:
A (torón de f = 3/8"),
B (torón de f = ½"),
C (torón de f = 0.6")

Peralte en centímetros

Tipo de viga:
VT (viga Te) ó VTo (viga Torre)

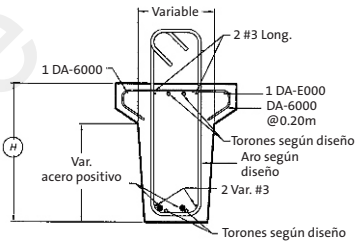
La capacidad de momento positivo es al centro de la luz y se calcula suponiendo losa lex de 20 cm de peralte y una sobrelosa de 6 cm y un concreto de completamiento con f'c = 280 kg/cm².

13.5 La construcción y detallado de edificios prefabricados

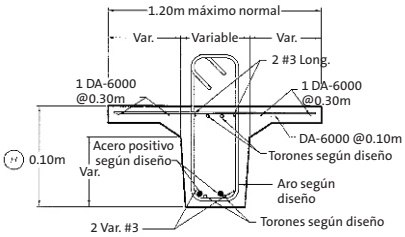
A continuación se indican una serie de recomendaciones de diseño, detallado y construcción de edificios con entrepisos prefabricados:

1. Haga lo posible por modular el entrepiso de manera que no haya cortes longitudinales de Losa Lex (medias losas) ni "cuchillas" en planta.
2. Es posible modificar el ancho superior de las vigas de amarre o montar la Losa Lex sobre la misma para tratar de utilizar solamente Losa Lex completas.

Fig. 13.9 Secciones típicas de vigas de carga y amarre respectivamente

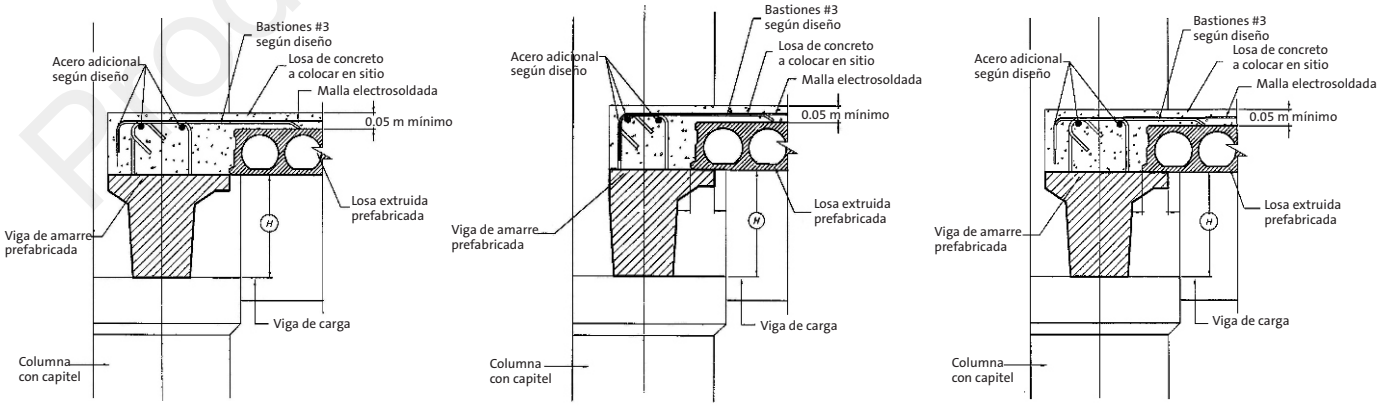


Viga de carga



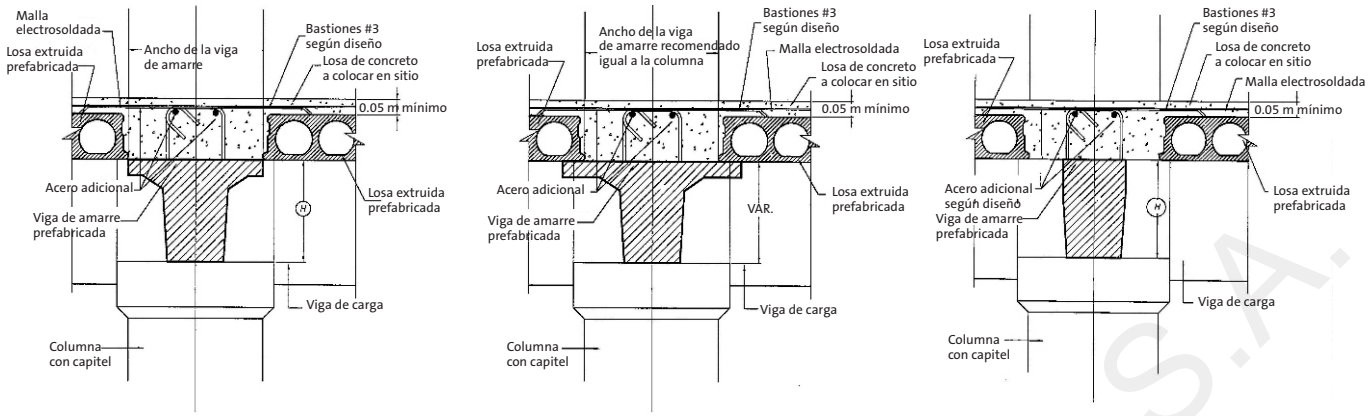
Viga de amarre

Fig. 13.10 Secciones B-B, opciones 1, 2 y 3 de conexión viga de amarre lateral - entrepiso



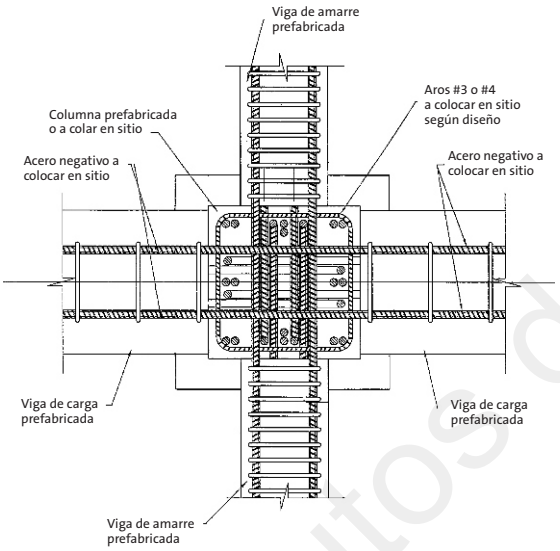
Productos de Concreto S. A.

Fig. 13.11 Secciones C-C, opciones 1, 2 y 3 de conexión viga de amarre central - entrepiso



3. Es conveniente que el peralte de las vigas de amarre sea 10 cm menos que el peralte de las vigas de carga, de manera que se evite el choque del refuerzo inferior en el nudo.

Fig. 13.12 Detalle típico de nudo


Viga de amarre prefabricada
Columna prefabricada o a colar en sitio
Aros #3 o #4 a colocar en sitio según diseño
Acero negativo a colocar en sitio
Acero negativo a colocar en sitio
Viga de carga prefabricada
Viga de carga prefabricada
Viga de amarre prefabricada

4. El apoyo temporal de las vigas en las columnas debe hacerse preferiblemente mediante un capitel, el cual debe tener un angular dispuesto para soldar el herraje previsto en las vigas para tal efecto. Se pueden apoyar las vigas también mediante otros detalles tales como herrajes soldados en aceros de sacrificio en la columna.
5. Se debe procurar disminuir al máximo el apuntalamiento intermedio de las vigas para incrementar la eficiencia en el montaje. De esta forma se obtiene el mayor provecho posible del presforzado.
6. El apuntalamiento lateral para evitar el vuelco de las vigas por carga excéntrica durante el proceso constructivo será el que resulte del análisis, pero deberá ser mínimo de 2 puntales 4x por cada lado. Cuando no se pueda apuntalar lateralmente apoyándose en las alas de la viga, se deben emplear los ductos de 2.50 cm de diámetro previstos en las vigas para colocar en sitio pines #6 para tal efecto.

Fig. 13.13 Apuntalamiento lateral

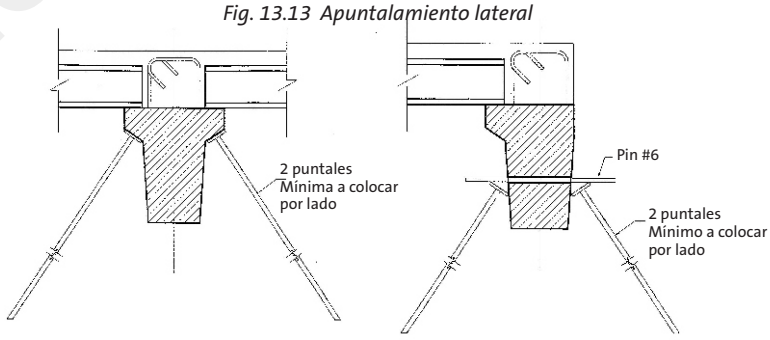
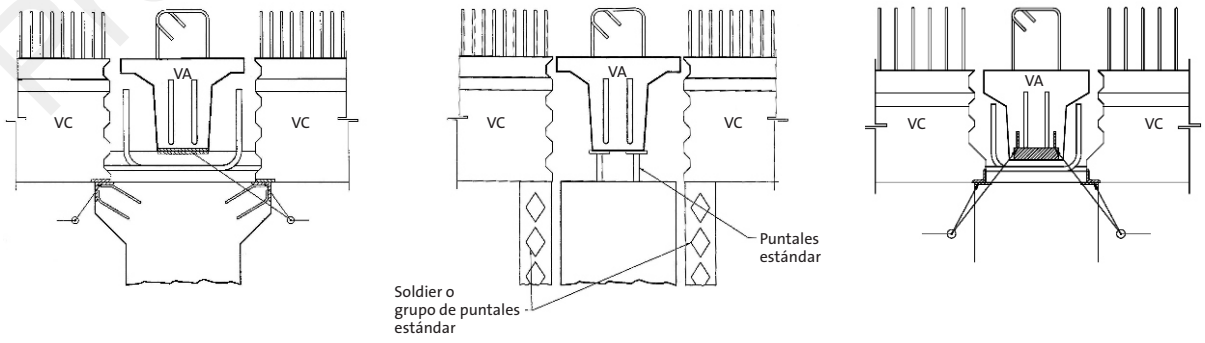


Fig. 13.14 Sistemas de apoyo temporal de vigas en columnas



Productos de Concreto S.A.

7. La cuadrilla típica para montar un entrepiso son 2 personas bajando piezas del camión, 2 montando y dos soldando y apuntalando.
8. El uso de collarines de acero (ménsulas provisionales de acero ancladas a las columnas mediante pernos en ductos previstos en la colada de la misma) debe evitarse en la medida de lo posible. Se requieren 4 personas adicionales para la colocación de los ductos, además de que los ductos normalmente se mueven durante el colado de la columna.
9. Antes de empezar el diseño es conveniente determinar la secuencia de montaje para evitar problemas con la posición de los aceros saliendo una vez que las piezas están en sitio.
10. Es conveniente que las vigas tengan dientes de cortante en sus extremos ya que mejora su desempeño.
11. Es posible considerar una reducción en la demanda de momento en los extremos (de acuerdo a las condiciones de apuntalamiento supuestas) debido a que la viga toma ciertas cargas simplemente apoyada. Esto puede ayudar a reducir el acero negativo en los extremos y, consecuentemente, la demanda de cortante por capacidad.
12. Es conveniente revisar la posición de las gazas de izaje respecto a la distribución de los aros para evitar doblaje excesivo de los mismos durante el montaje.
13. Cuando se requieran pasantes mecánicos en las vigas, es conveniente ubicarlos en los tercios de la viga para evitar problemas con el cortante. Además deben reforzarse adecuadamente.
14. Revisar con el ingeniero residente el peso probable de las vigas antes de empezar el diseño para verificar que se pueda manipular en sitio con el equipo que se prevea utilizar.
15. La losa Lex debe llevar siempre bastones de conexión a la viga como se indica en los detalles de este catálogo.
16. Siempre que sea posible es conveniente detallar ménsulas para el apoyo de la Losa Lex en la llegada de muros. También es posible la transferencia de carga por el mecanismo de cortante-fricción.
17. De requerirse un pasante mecánico grande en la losa lex (más de 20 cm) solicitar y detallar una viga de borde que tome la carga que lleva la losa lex en este punto.
18. Cuando se estén utilizando columnas coladas en sitio, se debe tener cuidado con la madurez del concreto a la hora de cargarla. Es adecuado que el concreto tenga una resistencia mínima de 140 kg/cm^2 para colocar las vigas, aunque esta condición debe revisarse para cada caso particular.
19. Cuando se estén apuntalando las vigas en los extremos y/o en el centro se debe mantener por lo menos dos pisos apuntalados a la vez para dar tiempo al piso superior de alcanzar resistencia para tomar las cargas. Se debe verificar cada caso particular.

Fig. 13.15 Vista longitudinal de viga de amarre, ubicación estándar de pasantes

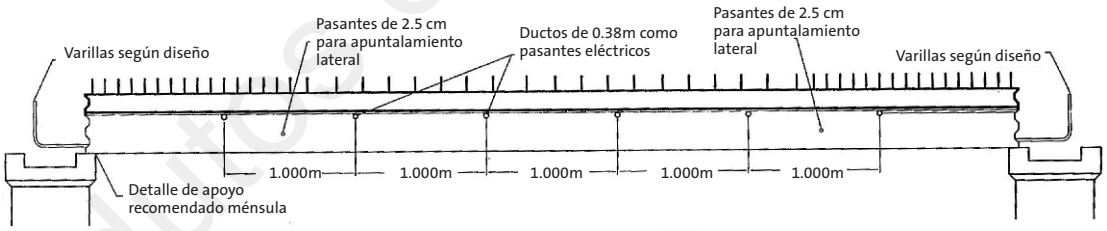
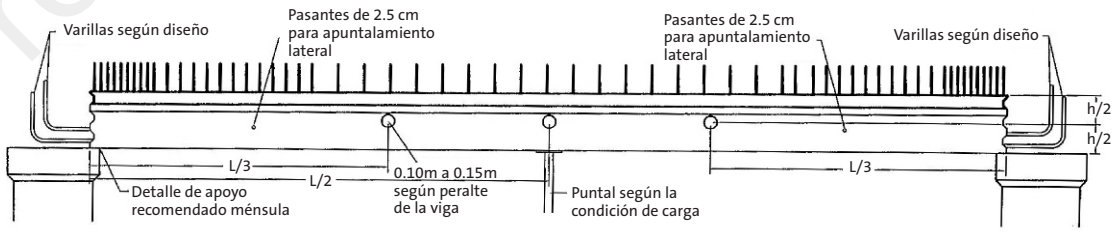


Fig. 3.16 Vista longitudinal de viga de carga, ubicación estándar de pasantes



Productos de Concreto S.A.